

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 04-063473

(43)Date of publication of application : 28.02.1992

(51)Int.Cl.

H01L 27/148

H04N 5/335

H04N 9/07

(21)Application number : 02-174506

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 03.07.1990

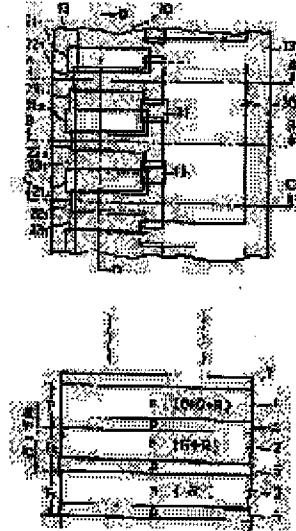
(72)Inventor : MANABE SOHEI
SHIBATA HIDENORI

(54) SOLID STATE IMAGE SENSOR

(57)Abstract:

PURPOSE: To obtain an image having high sensitivity and excellent color reproducibility by one solid state image sensor chip by separately providing photodiodes as photoelectric converters in a depth direction.

CONSTITUTION: A plurality of vertical CCDs 20 are disposed in parallel, and a plurality of photoelectric converters 30 are arranged along the CCDs 20. The photoelectric converters 30 are formed of three photodiodes separated in a depth direction, the photodiode 31 of an uppermost layer is formed in a depth for absorbing blue, and a p- type layer 34 of a burr layer is formed thereunder. Similarly, a second photodiode 32 is formed in a depth for absorbing green light, and the photodiode 33 of an uppermost layer is formed in a depth for absorbing red light. In this case, signal charges stored in the respective photodiodes are calculated to obtain R, G and B components, and a color image can be imaged. Thus, an image having high sensitivity and excellent color reproducibility is obtained by one solid state image sensor chip.



⑪ 公開特許公報 (A) 平4-63473

⑫ Int. Cl. 5

H 01 L 27/148
H 04 N 5/335
9/07

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 平成4年(1992)2月28日

Z 8838-5C
A 8943-5C

8122-4M H 01 L 27/14

B

審査請求 未請求 請求項の数 3 (全7頁)

⑭ 発明の名称 固体撮像装置

⑮ 特 願 平2-174506

⑯ 出 願 平2(1990)7月3日

⑰ 発明者 真 銅 宗 平 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝総合研究所内

⑰ 発明者 柴 田 英 紀 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝総合研究所内

⑰ 出願人 株式会社 東 芝 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

⑰ 代 理 人 弁理士 鈴江 武彦 外3名

明細書

1. 発明の名称

固体撮像装置

2. 特許請求の範囲

(1) 半導体基板に複数の光電変換部を設けると共に、これらの光電変換部で変換され蓄積された信号電荷をそれぞれ読み出す信号電荷読み出し部を設けた固体撮像装置において、

前記光電変換部は深さ方向に少なくとも3つに分離されたフォトダイオードからなり、前記信号電荷読み出し部は前記光電変換部の各々のフォトダイオードに対して独立に接続された読み出しトランジスタからなるものであることを特徴とする固体撮像装置。

(2) 半導体基板にマトリックス状に配置され、且つ各々が深さ方向に3つに分離された複数のフォトダイオードからなる光電変換部と、これらの光電変換部に対応してそれぞれ設けられ、該光電変換部に蓄積された信号電荷を各々のフォトダイオード毎に読み出す3つの読み出しトラン

ジスタからなる信号電荷読み出し部と、これらの信号電荷読み出し部で読み出された信号電荷を垂直方向に転送する複数本の垂直電荷転送部と、これらの垂直電荷転送部により転送された信号電荷を水平方向に転送する水平電荷転送部と、この水平電荷転送部により転送された信号電荷に基づきR, G, Bの3原色信号を求める演算処理部とを具備してなることを特徴とする固体撮像装置。

(3) 前記水平電荷転送部は前記光電変換部の3つのフォトダイオードに対応して3本形成され、各々の水平電荷転送部には前記垂直電荷転送部により転送された信号電荷を、同じ深さ位置のフォトダイオード毎に分離して供給することを特徴とする請求項2記載の固体撮像装置。

3. 発明の詳細な説明

【発明の目的】

(産業上の利用分野)

本発明は、固体撮像装置に係わり、特にカラー画像を撮像するための固体撮像装置に関する。

(作用)

本発明によれば、青、緑、赤等の光が半導体の中で吸収される深さ方向の領域が異なることから、光電変換部においては深さ位置の異なるフォトダイオードにより異なる光成分がそれぞれ検出される。従って、各フォトダイオードに蓄積された信号電荷に基づき演算処理を行うことにより、R、G、Bの成分を求めることができ、これによりカラー画像を撮像することができる。

(実施例)

まず、実施例を説明する前に、本発明の基本原理について説明する。

第6図に本発明による光電変換部の断面構造図を示す。この光電変換部は複数のフォトダイオードからなり、その材料は一般に半導体装置で広く使用されているSiである。図中4、5、6は各々深さ方向にフォトダイオードを分離するバリア層であり、フォトダイオード1、2、3を分離している。7は表面を空乏化するのを

防ぐ層である。

光電変換部に対し表面側から入射した光は、垂直方向に分離されたフォトダイオード1、2、3で吸収され、電気信号に変換される。光は最上層のフォトダイオード1で主に短波長の光である青が吸収され（緑、赤の一部も吸収される）、続いてのフォトダイオード2で緑の光が吸収され（赤の一部も吸収される）、最下層のフォトダイオード3で赤の光が吸収される。入射した光の強度を I_0 とし、

$$I_0 = [I_{B0} + I_{G0} + I_{R0}] \quad \dots (1)$$

と表わす。ここで、 I_{B0} 、 I_{G0} 、 I_{R0} は各々青、緑、赤領域の光の強度を表わしている。物質中の光の透過は、第7図に示すように、

$$I = I_0 \cdot e^{-\alpha t} \quad \dots (2)$$

と表わすことが可能である。tは表面からの深さ、 α は吸収係数、Iは深さtでの光の強度である。青、緑、赤の吸収係数を各々 α_B 、 α_G 、 α_R とすれば、各々の色に対する深さ方向の光強度は

$$I_B = I_{B0} \cdot e^{-\alpha_B t} \quad \dots (3)$$

$$I_G = I_{G0} \cdot e^{-\alpha_G t} \quad \dots (4)$$

$$I_R = I_{R0} \cdot e^{-\alpha_R t} \quad \dots (5)$$

と表わされる。ここで、 $\alpha_B > \alpha_G > \alpha_R$ の関係にあるから、第7図に示すように、青、緑、赤等の光がSi中で吸収される深さ方向の領域が異なっている。

いま、第6図において、表面からバリア4までの深さを T_1 、表面からバリア5までの深さを T_2 、表面からバリア6までの深さを T_3 とすれば、第7図に示すように、フォトダイオード1で青色の光を略吸収してしまい、フォトダイオード2まで緑色の光を、フォトダイオード3まで赤色の光を吸収してしまう。各フォトダイオードの量子効率を簡単にするために1と仮定すれば、フォトダイオード1では、

$$I_1 = I_{B0} + I_{G0} (1 - e^{-\alpha_G T_1}) + I_{R0} (1 - e^{-\alpha_R T_1}) \quad \dots (6)$$

フォトダイオード2では、

$$I_2 = I_{G0} (e^{-\alpha_B T_1} - e^{-\alpha_B T_2}) + I_{R0} (e^{-\alpha_R T_1} - e^{-\alpha_R T_2}) \quad \dots (7)$$

フォトダイオード3では、

$$I_3 = I_{R0} (e^{-\alpha_B T_2} - e^{-\alpha_R T_3}) \quad \dots (8)$$

の光が吸収され、その光に相当する電荷が生成される。従って、これらの3つの式より、

$$I_{B0} = I_1 - [I_2 - \frac{I_3 (e^{-\alpha_B T_1} - e^{-\alpha_B T_2})}{e^{-\alpha_R T_2} - e^{-\alpha_R T_3}}] \frac{1 - e^{-\alpha_B T_1}}{e^{-\alpha_G T_1} - e^{-\alpha_G T_2}} - \frac{I_3 (1 - e^{-\alpha_R T_1})}{e^{-\alpha_R T_2} - e^{-\alpha_R T_3}} \quad \dots (9)$$

$$I_{G0} = [I_2 - \frac{I_3 (e^{-\alpha_R T_1} - e^{-\alpha_R T_2})}{e^{-\alpha_B T_2} - e^{-\alpha_B T_3}}] \frac{1}{e^{-\alpha_G T_1} - e^{-\alpha_G T_2}} \quad \dots (10)$$

$$I_{R0} = \frac{I_3}{e^{-\alpha_R T_2} - e^{-\alpha_R T_3}} \quad \dots (11)$$

と入射した青、緑、赤の各成分に対する光強度が表わされる。これにより、各フォトダイオード1、2、3で得た電気信号を外部回路で演算処理することにより、青（R）、緑（G）、赤（B）の信号を得ることができる。

以下、本発明の実施例について図面を参照して説明する。

第1図は本発明の一実施例に係わる固体撮像装置の1画素構成を示す平面図、第2図(a)～(c)は第1図の矢視A-A, B-B, C-C断面図、第3図は第1図の矢視D-D断面図である。

第1図に示すように、垂直CCD20に隣接して光電変換部30が配置されている。この図では1画素部分を示すが、垂直CCD20は複数本平行に配置され、各々の垂直CCD20に沿って複数の光電変換部30が配列されている。

光電変換部30は、第2図に示すように、深さ方向に3つに分離したフォトダイオードから形成されている。最上層のフォトダイオード31は青色を吸収する深さまで形成され、その下にバリア層であるp-層34が形成されている。2番目のフォトダイオード32は緑色の光を吸収できる深さまで形成され、その下には同様にバリア層であるp-層34が形成されてい

る。また、最下層のフォトダイオード33は赤色の光を吸収できる深さまで形成されている。ここで、フォトダイオードはn-層とp-層の接合で形成されるが、実質的にはn-層が蓄積ダイオードとして作用する。そして、これらのフォトダイオード31, 32, 33に隣接してn-層(CCDチャネル)12が形成され、各フォトダイオード31, 32, 33の一部は各々異なる位置で後述する読み出しトランジスタのチャネル(p層)に接している。

なお、上記構成を実現するには、n型のS1基板10上にpウェル11を形成し、このpウェル11にイオン注入等によりp+素子分離層13, n-CCDチャネル12, n-フォトダイオード31, 32, 33及びp-バリア層34を形成すればよい。また、イオン注入の代わりに、上記各層31～34をエピタキシャル成長で形成してもよい。

垂直CCD20は、第3図に示すように、CCDチャネル12上にゲート酸化膜14を介

して転送電極を形成したもので、1画素当たり9個の転送電極21, 22, 23を備えている。そして、3つのフォトダイオード31, 32, 33に対して3電極ずつを対応させている。即ち、青色光を吸収するフォトダイオード31には転送電極21₁, 22₁, 23₁が対応しており、転送電極22₁はフォトダイオード31上まで伸びて読み出しトランジスタのゲートを兼ねるものとなっている。同様に、緑色光を吸収するフォトダイオード32には転送電極21₂, 22₂, 23₂が対応し、赤色光を吸収するフォトダイオード33には21₃, 22₃, 23₃が対応している。そして、これらの転送電極21, 22, 23には3相クロックφ₁, φ₂, φ₃が印加され、フォトダイオード31, 32, 33の信号電荷は垂直CCD20に同時に読み出されるものとなっている。

第4図に本実施例装置の全体構成を示す。垂直CCD20により転送された信号電荷は、3本の水平CCD41, 42, 43に読み出され

る。ここで、垂直CCD20で転送されたフォトダイオード31からの信号電荷は水平CCD41に読み出され、フォトダイオード32からの信号電荷は水平CCD42に読み出され、フォトダイオード33からの信号電荷は水平CCD43に読み出される。水平CCD41, 42, 43により転送された信号電荷は、增幅器により増幅されたのち信号処理回路51, 52, 53にそれぞれ供給され、さらに演算処理回路60に供給される。ここで、信号処理回路51, 52, 53は低ノイズ化処理やサンプルホールド等を行うものである。演算処理回路60は、前記(9)～(11)式に示した演算を行い、R, G, Bに相当する信号を出力するものである。

このような構成において、光電変換部30に光が照射されると、フォトダイオード31では青色の光と緑及び赤色の光の一部とが吸収され、その吸収量に応じた信号電荷が蓄積される。同様に、フォトダイオード32では緑色の光と赤色の光の一部とが吸収され、その吸収量に応じ

た信号電荷が蓄積される。さらに、フォトダイオード33では赤色の光が吸収され、その吸収量に応じた信号電荷が蓄積される。各フォトダイオード31, 32, 33に蓄積された信号電荷は、読み出しトランジスタをONすることにより垂直CCD20に同時に読み出される。

ここで、信号読み出しの方法としては同時に読み出すに限らず、各フォトダイオード31, 32, 33の信号電荷を順次読み出すようにしてもよい。但し、一つの読み出しトランジスタをONしている際に、読み出しゲートに印加する電圧により他のトランジスタがONし、読み出すべきでない信号電荷が読み出される可能性がある。従って、信号電荷を順次読み出す際には、上側のフォトダイオードから下側のフォトダイオード方向に読み出しトランジスタをONする。読み出しトランジスタにおいて、上側のトランジスタよりも下側のトランジスタの方がONするのに高い電圧が必要である。このため、上側のトランジスタをONした場合、下側のトランジスタがONする

ことはない。下側のトランジスタをONした時点では上側のフォトダイオードの信号電荷は既に読み出されて空になっているので、上側のトランジスタがONしても何等問題は生じない。

さて、垂直CCD20により転送された信号電荷は、3本の水平CCD41, 42, 43に読み出されるが、このときフォトダイオード31, 32, 33から読み出され転送された各信号電荷は、水平CCD41, 42, 43にそれぞれ読み出される。従って、水平CCD41には前記

(6)式で表される信号電荷が、水平CCD42には前記(7)式で表される信号電荷が、水平CCD43には前記(8)式で表される信号電荷が読み出されることになる。水平CCD41, 42, 43により転送された信号電荷は、信号処理回路51, 52, 53を介して演算処理回路60に供給される。そして、演算処理回路60で前記(9)(10)(11)式に示す演算を行うことによって、R, G, Bに相当する信号が出力されることになる。

かくして本実施例によれば、光電変換部30を深さ方向に3つに分割したフォトダイオード31, 32, 33で形成し、これらのフォトダイオード31, 32, 33に蓄積された各信号電荷に基づき前述した演算処理を行うことによって、入力光のR, G, B成分の大きさを検出することができ、カラー画像を撮像することが可能となる。そしてこの場合、1つの固体撮像素子チップでカラー画像が撮像できることから、光学分光系等を必要とせず、全体の構成の簡略化をはかることができる。さらに色フィルタを用いた装置とは異なり、光の損失が生じることではなく、光の利用効率を高めて感度及び色再現性の向上をはかることが可能となる。また、異なる材料を積層するのではなく、同じ材料(S1)のフォトダイオードを積層した構造であるので、特殊の製造方法を用いる必要はなく、既存の製造方法にて簡易に製造することが可能であり、実用性大なる利点がある。

第5図は本発明の他の実施例の一画素構成を

示す平面図である。なお、第1図と同一部分には同一符号を付して、その詳しい説明は省略する。

この実施例が先に説明した実施例と異なる点は、CCDを用いることなく、光電変換部から読み出した信号電荷を直接取り出すようにしたもののである。即ち、フォトダイオード31, 32, 33には、読み出しゲート81, 82, 83を備えたトランジスタがそれぞれ接続され、これらのトランジスタで読み出された信号電荷は不純物拡散層91, 92, 93を通じて金属配線71, 72, 73にそれぞれ取り出されるものとなっている。このような構成であっても、先の実施例と同様の効果が得られる。

なお、本発明は上述した各実施例に限定されるものではない。実施例ではフォトダイオードからなる光電変換部を2次元に配列したが、光電変換部を1次元に配列したラインイメージセンサに適用することも可能である。また、光電変換部を構成するフォトダイオードの深さ位置

は、前記第7図に示したR, G, Bの吸収深さに応じて適宜定めればよい。さらに、光電変換部を構成するフォトダイオードは3つに限るものではなく、それ以上に分割されたものであってもよい。その他、本発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々変形して実施することができる。

【発明の効果】

以上詳述したように本発明によれば、半導体中の中で吸収される光成分が深さ方向で異なることを利用し、光電変換部としてのフォトダイオードを深さ方向に分離して設け、分離した各フォトダイオードの検出信号に基づき所定の演算処理を行うことにより、R, G, Bの成分を測定することができる。従って、カラー画像を撮像することができ、色分解フィルタや光学分光系を使用することなく、1つの固体撮像素子チップで高感度で色再現性のよい画像を得ることが可能となる。

4. 図面の簡単な説明

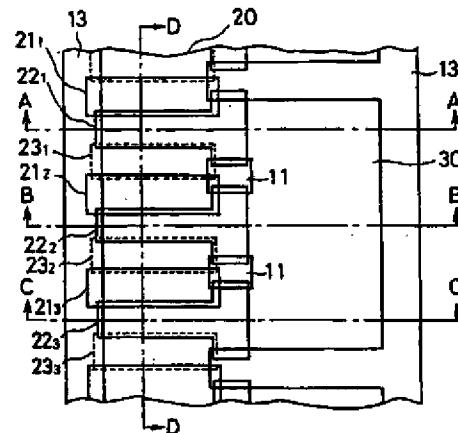
第1図は本発明の一実施例に係わる固体撮像

60…演算処理回路、
71, 72, 73…金属配線、
81, 82, 83…読み出しゲート、
91, 92, 93…不純物拡散層。

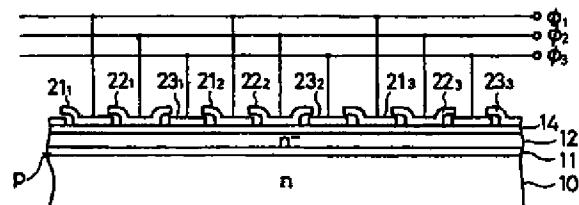
出願人代理人 弁理士 鈴江武彦

装置の1画素構成を示す平面図、第2図及び第3図は第1図の要部構成を示す断面図、第4図は同実施例の全体構成を示す模式図、第5図は本発明の他の実施例の1画素構成を示す平面図、第6図及び第7図は本発明の原理を説明するためのもので、第6図は深さ方向に分離したフォトダイオードを示す断面図、第7図は深さ方向に対するR, G, Bの3色の透過率変化を示す特性図である。

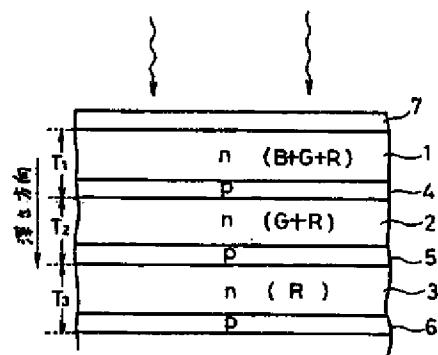
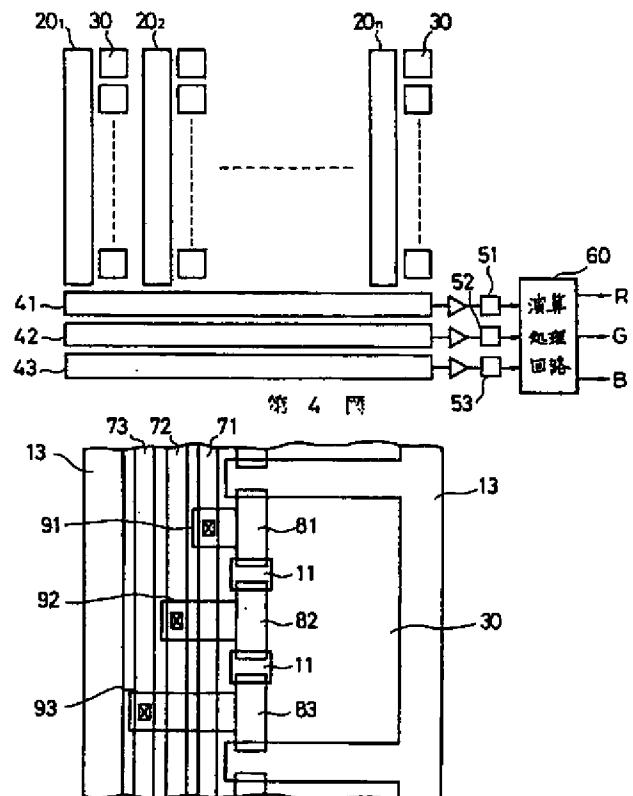
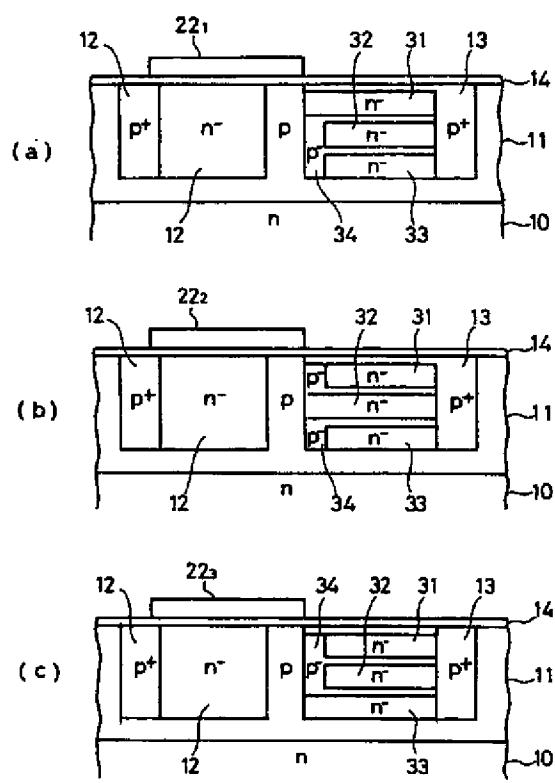
10…n型Si基板、
11…pウェル、
12…CCDチャネル、
13…素子分離層、
14…ゲート酸化膜、
20…垂直CCD、
21, 22, 23…転送電極、
30…光電変換部、
31, 32, 33…フォトダイオード、
34…バリア層、
41, 42, 43…水平CCD、



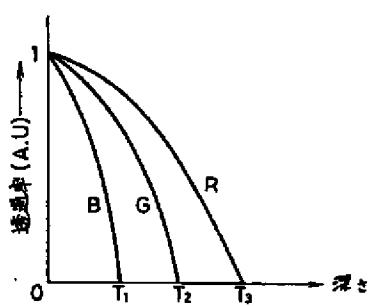
第1図



第3図



第 6 図



第 7 図